Richtlinien für die zahnärztliche Röntgendurchleuchtung mit besonderer Berücksichtigung der Dosierungsfrage

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexanders-Universität zu Erlangen

vorgelegt von

Fritz Schuster
aus Augsburg

Tag der mündlichen Prüfung: 22. Dezember 1936

Buchdruckerei Max Döres, Erlangen, Rückertstraße 1
1937

038/38

Referent: Univ.-Prof. Dr. A. Hasselwander

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Jamin

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Nachdem Röntgen die sogenannten X-Strahlen entdeckt hatte und seine ersten wissenschaftlichen Arbeiten darüber veröffentlichte, fanden diese in der ganzen Welt einen ungeheueren Widerhall. Forscher und Gelehrte arbeiteten daran, die geheimnisvollen Strahlen zu erforschen und für die verschiedensten Interessengebiete nutzbar zu machen. Es lag in der Natur der Sache, daß vor allem in der Medizin die Entdeckung der Röntgenstrahlen von ungeheuerer Tragweite sein mußte. Die Diagnostik wurde in ungeahntem Maße erweitert und vertieft. Dazu gesellte sich, daß man allmählich erkannte, daß in den Röntgenstrahlen uns auch ein wichtiges therapeutisches Mittel zur Verfügung stand. Es ist eine zwangsläufige Folge, daß auch die Zahnheilkunde die geniale Entdeckung Röntgens für ihr Gebiet zu verwerten wußte.

Schon im Jahre 1896, also 1 Jahr nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen konstruierte eine der bekanntesten und ältesten Röntgenfirmen ein Gerät, das ausschließlich auf zahnärztliche Bedürfnisse zugeschnitten war. Um die Jahrhundertwende versuchte man die Anwendung einer kleinen Röntgenröhre, die in den Mund eingeführt wurde. Man legte an die Außenseite der betreffenden Gesichtspartie einen Leuchtschirm, auf den das zu untersuchende Objekt projiziert wurde. Man kann in dieser Untersuchung den ersten Versuch der Einführung der Röntgendurchleuchtung in die Zahnheilkunde erkennen. Freilich konnte sich die Methode nicht durchsetzen, da die Röhre zu viel Wärme entwickelte und bei dem geringen Fokus-Hautabstand eine ernstliche Beschädigung des bestrahlten Gebietes zu befürchten war. Im Jahre 1909 brachte die Firma Sanitas ein Dento Radioskop heraus. Wie man aus dem Katalog ersehen kann, bestand dieses Instrument aus einer lichtdichten, mehrmals abgebogenen Röhre, an deren Oeffnung ein Schirm angebracht war. Durch Spiegelprismen und Linsen wurde das auf dem Leuchtschirm entstandene Bild zum anderen Ende der Röhre gelenkt, wo es dem beobachtenden Auge sichtbar wurde. Das Ergebnis war ein bescheidenes. Durch die oftmalige Reflexion und Brechung des Lichtes ging ein großer Teil der Helligkeit durch Absorption verloren. Es entstand ein schwaches Bild, das für dia-

gnostische Zwecke nicht auswertbar war. Neben der Unhandlichkeit war dies ein Hauptgrund dafür, daß sich das Instrument nicht durchsetzte.

Die Idee der zahnärztlichen Röntgendurchleuchtung wurde deswegen noch lange nicht aufgegeben. Es war Macintyres, der weitere Versuche anstellte. Er verwendete einen Mundspatel aus Glas oder Hartgummi, den er mit Bariumplatincyanür bestrichen hatte. Auch seine Methode hatte keinen Erfolg. Neben anderen Gründen war es vor allem der Umstand, daß das Präparat außerordentlich giftig war und so seine Verwendung im Interesse des Patienten abgelehnt werden mußte.

Das erste vollkommene Gerät, soweit von Vollkommenheit hier gesprochen werden kann, konstruierte noch in demselben Jahre Port. Er tränkte eine Papierscheibe mit Platinbariumcyanür, befestigt diese auf einer Metallplatte und an einem Griff. Seine Beobachtungen machte er nicht direkt, sondern er verwendete einen Spiegel, der das Bild dem Auge des Beobachters zuwarf. Leider war die Konstruktion vor allem deswegen nicht verwertbar, weil sie einmal unhandlich und zum anderen die Papierscheibe durch den Speichel jedes Mal beschädigt wurde bzw. erneuert werden mußte. Fabiunke erkannte diese Nachteile und konstruierte einen Röntgenspiegel, der eine bequeme Durchleuchtung der Mundhöhle und des ganzen Kiefersystems gestattete. Nach seiner eigenen Beschreibung bestand dieser Spiegel aus einem zerlegbaren Metallrahmen, der zur Aufnahme eines Leuchtschirmes diente, der zwischen einer Bleiglas- und einer gewöhnlichen Glas- oder Zelluloidplatte lag. Der Schirm selbst war mittels eines Kugelgelenkes am Griffe befestigt und ermöglichte eine Verstellbarkeit nach allen Seiten. Glas- und Metallteile konnten nach jedem Gebrauch ausgekocht werden. Somit war eine vollkommene Sterilisation gewährleistet.

Es wurden nun im Laufe der folgenden Jahre immer wieder Versuche gemacht, die zahnärztliche Röntgendurchleuchtung einzuführen. Dabei wurden Geräte konstruiert, die man in drei Gruppen einteilen kann. Einmal Spiegel, bei denen das Leuchtschirmbild mittels optischer Systeme aus dem Munde des Patienten herausprojiziert wurde. Zweitens waren es Endoskop ähnliche Vorrichtungen, in denen ebenfalls Linsensysteme angebracht waren und den Zweck hatten, die für die Durchleuchtung notwendige Dunkelheit zu schaffen. Zum Dritten konstruierte man Schaukästen, die außerhalb des Mundes dem Gesicht angelegt wurden und so eine Durchleuchtung ermöglichen sollten.

Trotz dem Vorhandenen konnte sich die Röntgendurchleuchtung in der Zahnheilkunde nicht einbürgern. Der Grund dafür liegt wohl darin, daß man eine Gefährdung des Arztes und der Patienten bei all diesen Methoden nicht ausschließen konnte. Für die Erfüllung dieser Forderungen waren aber zu der damaligen Zeit weder die technischen Voraussetzungen gegeben, noch verfügte man über genaue Kenntnisse der biologischen Wirkung der Röntgenstrahlen, um überhaupt genaue Richtlinien für die Anwendung dieser Untersuchungsmethode angeben zu können. Erst bei Erfüllung dieser Hauptvoraussetzungen war an eine Verwendung der Durchleuchtung in der Zahnheilkunde, die unter gänzlich anderen Voraussetzungen und Betriebsbedingungen als die Durchleuchtung in der Allgemeinmedizin stattfinden muß, zu denken. So kam es, daß die Untersuchungsmethode mehr oder weniger in Vergessenheit geriet, ja daß man, als die entsprechenden äußeren Voraussetzungen gegeben waren, zunächst gar nicht mehr daran dachte und sich der Begriff der Undurchführbarkeit gleich einem Dogma in der Literatur weiter schleppte.

Die Entwicklung der Röntgenapparatur selbst hat nämlich unterdessen große Fortschritte gemacht Es sei im folgenden in Kürze auf die Entwicklung der Röntgenapparatur und der Leuchtschirme eingegangen. Es ist natürlich selbstverständlich, daß ein handliches Gerät zur Durchführung der Röntgendurchleuchtung unbedingt notwendig war. Die meisten Apparaturen aber, die von verschiedenen Firmen auf den Markt gebracht wurden, erfüllten schon diese Forderung nicht. Die Einstellbarkeit war eine schwierige. Dazu vertrugen die Röhren an und für sich nur geringe Belastungen, die wohl für eine Filmaufnahme genügten, aber für längere Durchleuchtungen ungeeignet waren. Dazu kam, daß die Geräte weder hochspannungssicher noch strahlensicher waren. Das Arbeiten in der Dunkelheit brachte stets die Gefahr der Berührung von Leitungen mit sich. Die Röhren selbst ließen die Röntgenstrahlen nach allen Seiten austreten. Man wußte noch nichts von den schädigenden Wirkungen der direkten Strahlen, der Streustrahlen usw. So kam es, daß viele Forscher sich im Laufe der Jahre schwer schädigten. Erst nach diesen trüben Erfahrungen erkannte man, um welch differentes Mittel es sich bei den Röntgenstrahlen handelte und so kristallisierten sich allmählich die Gesetze heraus, die wir für die Anwendung der Röntgendurchleuchtung in der Zahnheilkunde unbedingt in Anwendung bringen müssen.

In den letzten 2 Jahrzehnten machte sowohl der Stativ- als auch der Röhrenbau gewaltige Fortschritte, sodaß heute für die

Anwendung der Röntgendurchleuchtung gänzlich andere Bedingungen, ja erst die richtigen Voraussetzungen gegeben sind. Die Industrie stellte für die Zahnheilkunde Spezialapparaturen her. Da das Gebiet, das der Zahnarzt untersuchen will, nicht besonders groß ist, konnte der Röhre eine Form und Gestaltung gegeben werden, die es ermöglichte, so nah als irgendwie an das zu untersuchende Objekt heranzugehen. Zu diesem Zwecke wählte man die rechtwinklige Lage der Elektroden zueinander, Die Antikathode kann dadurch möglichst nah an den Patienten gebracht werden, die Strahlenenergie, die ja bekanntlich mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, wird dadurch wesentlich besser ausgenützt. Eine natürliche Folge davon ist, daß die Leistung der Apparatur wesentlich herabgesetzt werden kann. Die Beanspruchung der Röhren sinkt, ein Umstand, der für ihre Lebensdauer von größter Bedeutung ist.

Bei jeder Beanspruchung wird die Röhre ziemlich stark erhitzt, sodaß eine Kühlvorrichtung für die notwendige Abkühlung sorgen muß. Zu diesem Zwecke haben wir mehrere Methoden, die je nach Art der Röhre von den verschiedenen Firmen angewandt werden. Die in der letzten Zeit meist angewandte ist die Oelkühlung. Sehr verbreitet ist auch die Luftkühlung, da sie durch ihre Konstruktion gestattet, der Röhre jede gewünschte Lage zu geben. Die Wasserkühlung dagegen zeigt diesen Vorteil nicht so. Ich möchte hier kurz die gebräuchlichsten Röhrentypen, die speziell für die zahnärztliche Durchleuchtung angewendet werden können, beschreiben. Man unterscheidet 2 Arten von Röntgenröhren, die gashaltige Röntgenröhre, auch Ionenröhre genannt und die gasarme oder Elektronenröhre. Letztere ist hochevakuiert. Die hochgespannten Ströme werden durch diese Röhre geleitet. Da aber durch diese luftleeren Gefäße die elektrischen Entladungen nicht ohne weiteres hindurchgehen, muß als Kathode ein Glühdraht verwendet werden, der stets Elektronen abgibt. In diesem Falle spricht man dann von selbständiger Strömung, weil keine Gasmolekühle der Stromleiter sind. Die Glühkathode besteht meistens aus Wolframdraht, der zu einer enggewundenen Drahtspirale gedreht ist. Durch Anlegung einer größeren, bezw. kleineren Spannung erteilt man diese Elektronen eine größere bzw. kleinere Geschwindigkeit, was wiederum schnellere oder langsamere Kathodenstrahlen bewirkt; dadurch werden die Röntgenstrahlen härter oder weicher. Diese Regulierbarkeit ist bei der Durchleuchtung besonders wichtig, um je nach durchleuchtendem Objekt gute kontrastreiche Bilder auf dem Leuchtschirm zu erhalten.

Da die Elektronenröhren einfacher zu bedienen und handlicher sind, so werden sie heute ausschließlich alleine angewendet.

Coolidge konstruierte eine Glühkathodenröhre. Die Glühkathode besteht aus einer eng gewundenen Spirale aus dünnen Wolframdraht. Die Enden sind mit zwei kräftigen Molybdändrähten zusammengeschweißt, die wieder mit Kupferdrähten verbunden sind; nachdem daran zwei Platindrähte angeschweißt, sind sie am Ende des Kathodenhalses in das Glas eingeschmolzen. Die Kupferdrähte sind mittelst Glasröhrchen isoliert um Kurzschluß zu vermeiden. Die Glühkathode wird mittelst eines Heiztransformators erhitzt. Ein eingeschalteter Regulierwiderstand sorgt für die notwendigen Abstufungsmöglichkeiten des Stromes. Ueber der Wolframspirale befindet sich eine Molybdänröhre, die den Zweck hat, die von der Glühkathode ausgehenden Kathodenstrahlen zu konzentrieren. Die Antikathode, welche auch zugleich Anode ist, ist ebenfalls aus Wolframmetall hergestellt. Ihr Ende ist mit Hilfe eines Molybdändrahtes ebenfalls abgestützt, welches auch den Zweck hat, die Wärme abzuleiten, um so eine zu starke Erhitzung der Einschmelzstelle zu verhindern. Die Coolidge-Röhre wird mit und ohne Antikathodenkühlung ausgeführt; bei der Antikathodenkühlung erfolgt die Kühlung wie bei den Ionenröhren mittelst Kühlrippen, hiezu gehören die Diagnostikröhren von Phönix und Media-Dental-Röhre von Müller, oder die Röhren sind mit einer Wasserkühlung ausgestattet. Die Regulierung der Röhre erfolgt auf einfache Weise. Härte der Röhre und Intensität des durch sie fließenden Stromes ist unabhängig voneinander. Die Intensität wird um so größer, je höher die Temperatur des Glühdrahtes, während die Härte um so größer wird, je höher die an der Röhre liegende Spannung ist; zu diesem Zweck wird ein Hochspannungstransformator eingeschaltet. Die Intensität ändert man durch Regulierung des Heizstromes. Eine weitere Verbesserung im Sinne hoher Bildschärfe zugleich mit starker Belichtbarkeit brachte die Anordnung des Brennfleckes als sogenannten Strichfokus durch Professor Goetze. Die, in dieser Form von C. H. F. Müller herausgebrachte Media-Dental-Röhre hat sich in der zahnärztlichen Röntgendiagnostik wertvoll ausgewirkt. Ihr Vorteil ist ihre geringe Größe und dadurch gute Handlichkeit, ferner der strichförmige Brennfleck. Man erreicht ihn dadurch, daß die Vorderfläche der Antikathode nicht wie sonst um 45^0 gegen den Hauptstrahl geneigt ist, sondern nur um 20^0. Der Strich erscheint perspektivisch zu einem Punkt verkürzt und dadurch entsteht dann ein Brennfleck, der eine außerordent-

liche Schärfe bedingt, und der äußerst scharfe lichtstarke Bilder auf dem Leuchtschirm liefert. Die gashaltigen Röntgenröhren sind meist mit Helium gefüllt. Hier geschieht die Elektrizitätsleitung mit Hilfe der Gasmoleküle als sogenannte unselbständige Strömung. Die Röhren konnte man wohl auch für harte und weiche Strahlung einstellen, jedoch war dies nur in sehr beschränktem Maße und in unsicherer Weise möglich. Heute finden diese Röhren in einer modernen Apparatur keine Verwendung mehr.

Natürlich ist bei der Röntgendurchleuchtung nicht nur die Röntgenröhre allein maßgebend, sondern auch das Röntgenstativ spielt dabei eine große Rolle, denn seine Aufgabe ist es ja, der Röhre einen Schutz zu gewähren und es überhaupt zu ermöglichen den Strahlengang der Röhre genau einzustellen. Von ihm ist es abhängig, ob eine Durchleuchtung gelingt, denn es ist Grundbedingung, daß die Röhre in allen Stellungen fixiert werden und daß eine Hilfsvorrichtung, in vielen Fällen ein Zeiger, die Richtung des Hauptstrahles anzeigt. Das Stativ muß jede Seitwärtsbewegung und Kippung der Röhre nach oben und unten gestatten. Dabei ist von großem Vorteil, wenn eine Scala vorhanden ist, die die Winkelgrade jedesmal anzeigt und man so eine genaue Einstellung allein vom Standpunkt der Ueberlegung aus vornehmen kann. Besonders wichtig dabei ist auch der Schutz der Röhre, d. h. ein Mantel um die Röhre, um erstens die Röhre selbst vor mechanischen Beschädigungen zu schützen, zweitens, was vielleicht noch viel wichtiger und notwendiger ist, der Schutz gegen die allseitige Strahlung, sodaß der Durchleuchtende nicht unnötig den Strahlen ausgesetzt ist. Für die Durchleuchtung ist dieser Strahlenschutz besonders wichtig, da ja der Arzt hier besonders nahe der Röhre steht. An diesem mangelhaften Schutz der früheren Röhren ist die Durchleuchtung damals gescheitert. Selbstverständlich darf aber dabei die Beweglichkeit der Röhre nicht leiden. Die Schutzhülle selbst besteht meist aus einer Bleiglaswandung, oder auch aus einer starken Metallhülse. An der Stelle wo der Hauptstrahl austritt, befindet sich ein Tubus, dessen Aufgabe es ist, die nicht auszuschaltende Streustrahlung einzudämmen. Meist ist hier, wie schon vorher erwähnt wurde, ein Zeiger angebracht; wenn er auch nicht unbedingt notwendig ist, so zeigt er doch verschiedene Vorteile, weil er die Einstellung wesentlich erleichtert. Wenn früher dieses sogenannte Stativ allein war, so ist es bei allen modernen Röntgenapparaten gleich mit dem Röntgengerät zu einem sogenannten „Unit" verbunden. Verschiedene Firmen haben es sich zur Aufgabe gestellt, möglichst praktische Geräte

auf diesem Gebiete auf den Markt zu bringen und es ist ihnen auch gelungen. Der Nachteil der älteren Modelle ist meist die Art der Handhabung des Stativs. Deren Konstruktionen sind meist von einer etwas schwerfälligen Art und gewisse Aufnahmen im Unterkiefer z. B. Aufbißaufnahmen können nur durch eine für den Patienten oft recht unbequeme Stellung gemacht werden. Die Handhabung des Stativs war immer mit etwas Schwierigkeiten verbunden, sodaß zu einer exakten Einstellung meistens auch eine Hilfsperson zugezogen werden mußte, um all die möglichen Sperrschrauben zu lösen und dann wieder zu fixieren. Erst in den letzten Jahren kamen 2 recht brauchbare Modelle heraus, die wohl das modernste, aber auch einfachste in Bedienung darstellen. Es ist dies die Siemens-Röntgenkugel von den Siemens-Reiniger-Werken und der Centralixapparat, auch eine Röntgenkugel.

Die Siemens-Röntgenkugel ist einer der leistungsfähigsten Apparate, die für die zahnärztlichen Zwecke herausgebracht wurden. Das wichtigste die Röntgenröhre ist in einer kleinen Metallkugel von 22 cm Durchmesser eingebaut und ist vollständig hochspannungs- und strahlensicher. Man kann sie während des Betriebes jederzeit ohne Gefahr berühren, da sie geerdet ist. Die Röhre selbst ist eine Glühkathodenröhre, welche von einem ölgefüllten Gehäuse umgeben ist. Ihre Ausmaße sind sehr gering. Sie ist als Strahlenschutzröhre ausgebildet, und bietet dadurch den bestmöglichsten Schutz gegen anderweitige Strahlung. Der Hochspannungstransformator ist ebenfalls in der Metallkugel untergebracht. Somit ist eine Hochspannungskabelleitung überflüssig. In der Metallkugel befindet sich eine Oeffnung für den Austritt der Strahlen, vor der ein Aufnahmetubus angebracht ist, der aber auch ausgewechselt werden kann. Für den Tubus sind noch 2 Lochblenden da, welche ebenfalls auswechselbar sind. Die Blendenöffnung beträgt 28 und 15 mm Ø. Die Strahlenaustrittsöffnung des Röhrengehäuses ist durch ein nach innen gewölbtes Glasfenster abgeschlossen. Die ganze Kugel ist entweder an einem fahrbaren Stativ, oder einem Wandstativ aufgehängt. Sie ist in einer Gabel drehbar angeordnet. Die Skalenringe um die Tragachsen ermöglichen ein genaues Einstellen des Strahlenkegels. Durch diese Anordnung ist es möglich, mit wenigen Handgriffen die notwendige Einstellung zu erzielen, ohne daß der Patient irgend wie eine ihm unangenehme Zwangshaltung annehmen muß. Der Apparat wird mit einem dreiadrigen Anschlußkabel an das Netz geschlossen. Zwei Leitungen für das Netz selbst und eine zur Erdung. Ein Handzeitschalter ermöglicht die Einschaltung

des Hochspannungstransformators. Als Schutz gegen übermäßige Bestrahlung und Ueberlastung der Röhre ist der Skalenbereich nur von 0,1—8 sec; diese Zeitspanne genügt für die zahnärztliche Durchleuchtung auch vollkommen. Diese Leistung des Apparates beträgt 11 mA bei 58 kV. Man kann also damit sämtliche Zahn-, Kiefer- und Schädeldurchleuchtungen vornehmen.

Ein ähnlicher ebenfalls sehr brauchbarer Röntgenapparat ist der Centralix-Apparat 50. Hier sind ebenfalls Röntgenröhre und Hochspannungstransformator in einer hochspannungsgeschützten Hülle eingebaut, welche geerdet ist. Mit ihm ist es auch ein leichtes, Durchleuchtungen vorzunehmen, da seine verschiedenen Einstellungen keine Schwierigkeiten bereiten. Der dazu gelieferte Handzeitschalter läßt eine Durchleuchtungszeit von 0,1—12 sec. zu. Das Werk gibt eine besondere Tabelle für die Belastungszeiten der Röhre heraus. Länger wie 500 sec. pro Tag soll nicht belichtet werden. Es muß aber beachtet werden, daß diese Gesamtbelastung sich auf mindestens drei Stunden verteilen. Diese Last braucht man nicht gleichmäßig über drei Stunden verteilen, sondern man kann den Apparat zu Beginn des Betriebes stärker belasten, als am Ende. Die 500 sec. dürfen in folgender Weise gegeben werden:

Bis zum Ablauf der ersten	15 Minuten	110 sec.
„ „ „ „ „	30 Minuten	140 sec.
„ „ „ „ „	60 Minuten	200 sec.
„ „ „ „ „	120 Minuten	350 sec.
„ „ „ „ „	180 Minuten	500 sec.

Wurden auf der einen Seite die Röntgenapparate immer mehr verbessert, so arbeitet die chemische Industrie auf der anderen Seite daran, vollkommene Leuchtschirme herauszubringen. Anfangs benutzte man bei den Durchleuchtungen immer noch Schirme, dessen Leuchtmassen Platincyanürverbindungen darstellten, bis vor einigen Jahren die Röntgenschirmtechnik einen sprunghaften Fortschritt zu verzeichnen hatte, als man erkannte, daß bestimmte grün und gelb leuchtende Zinksulfide für die Durchleuchtungszwecke besonders geeignet seien, da sie auf Röntgenstrahlen besonders reagierten. Man erreichte dadurch eine wesentliche höhere Helligkeit und Bildgüte. Die Röntgenschirmgüte ist von 3 Punkten abhängig.

1. Helligkeit
2. Kontrast und Bildschärfe
3. Nachleuchtung.

Bei den neuzeitlichen Schirmen, wie z B. dem Akrophanschirm, liegt die Helligkeit fast in dem Gebiet, wo das Weber-Fechner'sche Gesetz, „gleichen Verhältnissen der Reize entsprechen gleiche Empfindungsunterschiede", gilt.

Die anderen Röntgenschirme dagegen erreichen diese Helligkeit nicht, sodaß auch die Kontrastwirkung weniger gut ist als beim Akrophanschirm. Man muß also auf diesem Gebiete noch die Schirme etwas verbessern, denn die hellsten Schirme geben auch die besten Bilder wieder. Der Kontrast, der Unterschied zwischen hell und dunkel, hängt hauptsächlich von der Gradationskurve des Röntgenschirmmaterials und der Qualität der Röntgenbestrahlung ab. Für die Bildschärfe, bedingt durch die Steilheit des Uebergangs zwischen hell und dunkel ist die Korngröße und Streuung ausschlaggebend. Die Leuchtschirmmassen dürfen also nur eine sehr geringe Korngröße aufweisen, damit die Streuung auf ein Mindestmaß reduziert wird und dadurch die Bildschärfe erheblich verbessert wird. Bei den Zinksulfit-Röntgenschirmen tritt immer ein kleines Nachleuchten auf, im Gegensatz zum Akrophanschirm, der diese Eigenschaft kaum aufweist. Der Nachteil ist aber kaum nennenswert, denn das Nachleuchten beträgt nur 1 % von der Betriebshelligkeit des Schirmes, sodaß es praktisch gar keine Rolle spielt, dazu kommt noch der Umstand, daß bei der zahnärztlichen Röntgendurchleuchtung Schirm und Objekt nicht bewegt werden, also kann schon dadurch keine Verwischung der Kontrastwirkung eintreten.

Die alten Platincyanürschirme wiesen dagegen ein stärkeres Nachleuchten auf, das sich bei den Untersuchungen schon unangenehm bemerkbar machte.

Da nun die chemische Industrie brauchbare Leuchtmassen herausgebracht hatte, lag dem zahnärztlichen Röntgenspiegel nichts mehr im Wege. Dr. Staudenraus hat einen sehr brauchbaren Röntgenspiegel angegeben, der sich in der Praxis sehr gut bewährte, im Gegensatz zu den früheren Notbehelfsmaßnahmen. Der Spiegel selbst besteht aus einem Röntgenschirm, der von einer Isolierschicht, 2 Glasplatten, eingeschlossen ist, sodaß der Zutritt von Flüssigkeit verhindert wird. Der Spiegel liefert auf beiden Seiten Bilder. Es ist dies von einem besonderen Vorteil, weil dadurch die Möglichkeit gegeben ist,

die Bilder in auffallendem wie auch durchfallendem Licht zu betrachten. Dies ist besonders wichtig bei Durchleuchtung der Molaren. Um alle Zahngruppen bei der Durchleuchtung richtig erfassen zu können, haben sich 3 verschiedene Formen von Spiegeln besonders bewährt. Die gebräuchlichste ist die runde Form, mit ihr kann man eigentlich die ganze Mundhöhle durchleuchten. Zur Durchleuchtung der Frontzähne benützt man aber auch eine ovale Form, denn dieser Spiegel kann bei hohem und engem Gaumen weit in das Gaumengewölbe eingeführt werden. Da man mit ihm die Bilder nur in auffallendem Lichte betrachtet, so ist er nur mit einer einseitigen Leuchtschicht ausgestattet. Eine 3. Form, die ungefähr den Längsdurchmesser des Gaumengewölbes nachahmt, ist besonders bei Durchleuchtung der Molaren im Ober- und Unterkiefer günstig. Die beiden letzten Formen stellen eigentlich nur Spezialinstrumente für besondere Anforderungen dar, die runde Form dürfte im allgemeinen für alle Fälle genügen. Der Spiegel ist aufschraubbar an einem ziemlich langen Halter befestigt. Der Halter muß besonders lange sein, damit die Hand des Untersuchers nie in den Strahlenkegel gerät und so der Gefahr einer Schädigung ausgesetzt ist. Als neuestes wird der Staudenraus'sche Röntgenspiegel auch mit einem Handschutz herausgebracht. In diesem Falle dürfte dann überhaupt keine Gefahr mehr für die Hände des Zahnarztes bestehen.

In demselben Maße wie die Röntgenapparate in der Medizin immer mehr Eingang gefunden hatten, so wurde auch die Wirkung der Röntgenstrahlung erforscht. Dies geschah hauptsächlich als die Medizin anfing, die Röntgenstrahlen nicht nur zu diagnostischen Zwecken zu verwenden, sondern auch zur Therapie, sei es bei malignen Geschwülsten, bei Entzündungen, in der Dermatologie oder Gynäkologie oder irgendwelchen krankhaften Prozessen. In all diesen Fällen muß natürlich darauf gesehen werden, daß die Bestrahlung richtig gehandhabt wird und zu diesem Zwecke wurde die Röntgenstrahlung gründlichst erforscht. Es wurden dabei so große Erfahrungen gesammelt, daß der Praktiker jederzeit im Stande ist, die Röntgenbestrahlung richtig und zweckmäßig anzuwenden. Die Strahlen wirken zunächst auf die einzelnen Zellen der Haut und erst dann kommt die Tiefenwirkung. Wie die Strahlung auf die Zelle wirkt, konnte nicht einwandfrei geklärt werden. Es gibt hier von den verschiedenen Forschern mehrere Hypothesen, alle hier anzuführen, würde wohl zu weit gehen. Dean Butcher stellt folgende 3 Hypothesen zusammen:

1. Die elektrische Hypothese. Die Anhänger dieser suchen zur Erklärung der Strahlenwirkung rein elektrische Vorgänge verantwortlich zu machen.

2. Die Vaccine-Hypothese, bei ihr entstehen unter der Wirkung der Röntgenstrahlen Abwehrkörper, welche das Gewebe schädigen würden.

3. Die kannibalische Hypothese. Man stellt sich bei dieser Hypothese vor, daß die durch die Röntgenstrahlen geschädigten Zellen bei ihrem Absterben Zersetzungsprodukte abgeben, welche die anderen Zellen sozusagen auffressen.

Wird die Haut eine gewisse Zeit der Bestrahlung ausgesetzt, so tritt eine gewisse Hyperämie der bestrahlten Stelle auf. Die Blutgefäße erweitern sich und verursachen so eine Rötung. Diese Beobachtung kann man makroskopisch erst dann machen, wenn eine sehr starke lange Bestrahlung verabfolgt wurde. In den darauffolgenden Tagen macht diese Rötung dann einer Bräune Platz. Da die Wirkung, wie früher schon erwähnt, nicht nur eine oberflächliche ist, sondern auch in die Tiefe geht, so tritt natürlich bei langer zahnärztlicher Durchleuchtung eine Wirkung auf die Kiefer und Zähne ein. P. D. Gotthard beschreibt einen Fall von Bestrahlung der Halsdrüsen. Es hat sich nach einer gewissen Bestrahlungszeit eine harte Infiltration der Unterkiefergegend eingestellt. Bei weiterer Bestrahlung traten Schmerzen und Trockenheit im Munde auf, sowie das übliche Erythem, später kamen Teleangiektasen dazu. Das Unterkieferoedem verhärtete und zog sich herauf bis zu den Augenlidern. Durch die starke schmerzhafte Trockenheit im Munde ulzerierte das Zahnfleisch und die Mundschleimhaut. Schlucken und Sprechen war erschwert, die Stimme heißer. Die Zähne wurden von den Schädigungen nicht verschont. Sie wurden angeblich cariös. Im Unterkiefer sind sie teilweise vollkommen zerstört, es stehen teilweise nur Zahnreste. Charakteristisch dabei ist, daß die Zähne ihres Schmelzes dabei beraubt sind; es liegt das Zahnbein bloß. Eine Hyperaestesie des freigelegten Dentins bestand dabei nicht. Die Pulpa war erhalten und reagierte auf alle Reize. Eigen dabei ist die Schädigung der härtesten Zahnsubstanz, des Schmelzes, dagegen keine Schädigung des proliferationsfähigen Gewebes, der Pulpa. Die Wurzeln waren dabei vollständig intakt geblieben und waren noch in der Alveole fest verankert. Hauenstein beobachtete bei allzu intensiver Bestrahlung der Zähne eine Lähmung der

Speicheldrüsenfunktion und dadurch bedingt eine starke Trockenheit im Munde, meist mit Ulzerationen der Mundschleimhaut verbunden. Die Drüsen reagieren ja bekanntlich besonders stark auf Röntgenbestrahlungen und so ist es weniger verwunderlich, wenn die Speicheldrüsen ihre Funktion einstellen. M. Reist stellte Versuche mit Ratten- und Hundekiefern an. Er stellte dabei fest, daß auch bei Verabreichung höchster Dosen keine Schädigungen des Schmelzes bzw. der Ameloblasten auftraten. Die Odontoblasten und Pulpa dagegen zeigten Schädigungen. Bei jungen Tieren hörte das Wurzelwachstum auf, es kam sogar zum Ausfall der Zähne. Daraus ist zu folgern, daß die Röntgenbestrahlung bei jugendlichen Individuen mit besonderer Vorsicht anzuwenden ist. Das Knochenmark zeigte Aehnlichkeit mit dem senilen Mark, es war mehr fibrös und die Gefäße reduziert Die Sharpey'schen Fasern zeigten ebenfalls Veränderungen. Die Pulpa dagegen war wieder unverändert und reagiert auf den elektrischen Strom wie bei normalen Zähnen. Dies ist ja leicht einzusehen, da ja bekanntlich die Nervenfasern sehr wenig röntgenempfindlich sind. Bei all diesen Bestrahlungen zeigte natürlich auch die Haut ihre Reaktion, die durch Pigmentierung und Haarausfall leicht zu erkennen war.

Da jede übermäßige Röntgenbestrahlung für den Organismus, speziell für die Zelle so schädlich ist, muß darauf geachtet werden, daß bei der Durchleuchtung dem Patienten nie zuviel zugemutet wird. Um einen Anhaltspunkt zu haben, welche Dosis verabfolgt werden kann, ohne dabei dem Patienten zu schädigen, muß jeder Zahnarzt, der Durchleuchtungen vornimmt, genau Bescheid in der Dosimetrie wissen. Er muß sich der Bedeutung der „HED" und „r" als Maßeinheit bewußt sein. Wird eine bestimmte Dosis überschritten, so treten tiefgreifende Veränderungen der Haut auf, die größte Aehnlichkeit mit Verbrennungen haben. Seitz und Wintz bezeichnen diejenige Dosis, die noch reversibel ertragen wird, als Hauteinheitsdosis „HED". Sie verstehen darunter die Dosis, die nach 8—10 Stunden Rötung der Haut hervorruft, es tritt also das sogenannte Früherytem auf, das aber wieder verschwindet, um nach 8 bis 10 Tagen einer neuen Rötung Platz zu machen, die nach 16 bis 22 Tagen in eine zarte Bräunung übergeht. Die HED ist nicht schädlich, man kann sie nach 8—10 Wochen wiederum ohne Bedenken anwenden. Nur muß dabei aber beachtet werden, durch diese Bestrahlung ein locus minoris resistentiae geschaffen wurde, der auf secundäre Reize, wie Eisbeutel, heiße Waschungen, mechanische Reize usw. anspricht und dann schwere

Schädigungen hervorruft. Wintz hat bei der Bestimmung der HED eine bestimmte Strahlung dazu benutzt und zwar 0,16 AE mittlerer Wellenlänge, erzeugt mit 180—200 kV und einem Filter von 0,5 mm Zn. oder Cu. Der Fokushautabstand betrug 33 cm und die Größe des bestrahlten Feldes 6 mal 8 cm^2. Um die HED immer wieder zu erhalten, muß man diese biologische Einheit an eine physikalische Meßgröße anschließen. Man hat nun die verschiedenen Dosimeterreaktionen der Röntgenstrahlen verwendet und mit ihnen Meßgrößen bestimmt. Davon ist nur eine als Meßprinzip genommen, nämlich die Luftjonisation; das internationale „r" bezieht sich darauf und zwar stellt 1 r die Strahlenmenge dar, die bei voller Ausnutzung der sekundären Elektronen und unter Vermeidung von Wandwirkungen in der Jonisationskammer in 1 cbm Luft bei 0°C und 760 mm Druck eine solche Leitfähigkeit bewirkt, daß eine Ladung von 1 elektrostatischer Einheit bei Sättigungsstrom gemessen wird. Bringt man die HED mit dem r in Einklang, so kommt man zu dem Ergebnis, daß die HED durch 800 r auf einem Feld von 6×8 cm^2 ausgelöst wird. Macht man diese Messung aber in freier Luft, so benötigt man nur 600 r. Bei Bestrahlung von kleineren Flächen, als die eben angeführte, müssen zur Erzeugung der HED ca. 20% mehr hinzugestrahlt werden, da die Streustrahlung nicht vergessen werden darf, wenn sie auch viel geringer ist.

Da die Reaktionsbreite der verschiedenen Organe und Gewebe verschieden ist, so muß natürlich bei der Durchleuchtung stets darauf geachtet werden, was alles von den Röntgenstrahlen getroffen wird, sei es durch Primär- oder Sekundärstrahlung. Bei den zahnärztlichen Durchleuchtungen haben wir es nur mit der Haut, dem Kiefer, den Zähnen und Mundspeicheldrüsen zu tun. Diese Gewebe vertragen im allgemeinen die Bestrahlung sehr gut, mit Ausnahme der Speicheldrüsen, die bei allzu langer Bestrahlung bald ihre Funktion einstellen, sodaß es dann zu schweren Ulzerationen der Mundschleimhaut kommen kann. Auf die anderen Gebilde braucht also nicht so sehr Rücksicht genommen werden. Für die kurzen Orientierungsdurchleuchtungen kommen wegen der verschwindend kleinen Dosis die im nachstehenden aufgeführten Vorsichtsmaßregeln kaum in Betracht. Es muß vielleicht besonders bedacht werden, daß die zu durchleuchtenden Teile nicht durch Medikamente oder ähnliche Mittel sozusagen geschwächt werden. Es müssen also medikamentische, chemische, mechanische und auch thermische Reize von den Bestrahlungsfeldern ferngehalten werden. Zu ersteren muß man alle Mittel rechnen, die die Haut auflockern, mazerieren,

dies geschieht besonders durch bestimmte Verbände und Umschläge. Antiphlogistische und adstringierende Mittel sind ebenfalls fernzuhalten. Hierbei kommen besonders Metalle bezw. Metalloiden in Betracht, da immerhin die Möglichkeit besteht, durch Sekundärstrahlung Kummulations- und Summationsschäden zu bewirken. Letztere entstehen ja durch den Reiz des Medikaments plus Strahlenschädigung. Die Kummulationsschädigung bei Sekundärstrahlung kann schon eintreten, wenn metallhaltige Pflaster auf dem bestrahlten Gebiet vorhanden sind. Jod muß vor der Durchleuchtung auch streng vermieden werden, da ebenfalls eine Summationsschädigung durch Ausscheiden metallischen Jodes eintreten kann. Im allgemeinen soll 3×24 Stunden vor einer längeren Durchleuchtung kein Medikament auf die zu bestrahlenden Gebiete gebracht werden, sei es in Form von Verbänden, oder auch Salben. Wärme und Licht sollen vorher auch nicht appliziert werden, weil durch diese Reize der Organismus auch eine gewisse Empfindlichkeit erfährt. Sehr vorsichtig muß auch mit der Durchleuchtung umgegangen werden, wenn die bestrahlten Gebiete durch Wunden, seien es Hämatome oder Quetschwunden geschädigt sind. Man muß hier unbedingt Heilung abwarten. Besondere Vorsicht bei längerer Durchleuchtung ist außerdem bei blonden Patienten, besonders dem Tiziantyp geboten, weil deren Haut gegen Röntgenstrahlen genau so empfindlich ist, wie gegen Sonnenbestrahlung.

Bei den Schädigungen selbst unterscheidet man 4 Arten.

1. Primärschädigungen, sie machen sich akut bemerkbar,
2. Spätschädigungen, diese sind zwar auch akut, treten aber erst später auf,
3. Kummulationsschädigungen, diese treten bei chronischer Bestrahlung auf,
4. Summationsschädigungen, hier summieren sich Röntgenstrahlen mit anderweitigen Noxen bzw. Traumen.

Nach längerer Bestrahlung tritt das Frühsymptom auf. Bei diagnostischen Zwecken der Röntgenstrahlen ist es selten. Es macht sich schon nach wenigen Stunden bemerkbar durch zartrosa Färbung des bestrahlten Gebietes. Dies dauert ca. 2 bis 3 Tage an. Bei der akut verlaufenden Dermatitis haben wir schon eine hochgradige Rötung der Haut, hier handelt es sich schon um eine echte Röntgenschädigung von unbestimmter Zeitdauer, meist 21—28 Tage lang. Die Rötung blaßt ab und

macht später einer bräunlichen Pigmentation Platz. Meist ist sie auch mit Haarausfall verbunden. Nach Jahren kann die Pigmentation wieder verschwinden. Von einer echten Röntgenschädigung spricht man, wenn es zum echten Erythem d. h. hochgradigen Hautentzündung mit völligem Epidermisdefekt und Blasenbildung mit eitrigem Sekret kommt.

Beim Röntgengeschwür ist der Zeitpunkt auch unbestimmt, er schwankt zwischen wenigen Tagen, Monaten, ja sogar Jahren. Die Latenzzeit beträgt 10 oder mehrere Jahre, Hier haben wir, wie bei den anderen, auch entzündliche Hautvorgänge, dazu noch allgemeine Reaktionen, wie Temperaturen, Uebelkeit. Unangenehm bemerkbar macht sich dabei die Behinderung der Beweglichkeit, Spannungsgefühl und heftige Schmerzen. Die Geschwüre selbst ähneln denen der Lues und Tuberkulose. Die Mitte ist schwärzlich verfärbt und der Rand scharf ausgestanzt. Die Umgebung ist dabei meist unverändert.

Bei der chronisch verlaufenden Dermatitis ist die Elastizität der Haut meist geschwunden, die Hautfalten vertieft und der Haarwuchs verringert, die Epidermis ist verdickt. Betroffen sind dabei meist Hand- und Fingerrücken. Man kann dabei kleine dunkle warzenähnliche Auflagerungen, die in der Mitte einen schwarzen Fleck aufweisen, feststellen. Die Nägel werden brüchig und rissig und sind meist gespalten. Dabei ist noch die Talg- und Schweißdrüsenfunktion gestört, sodaß die Haut trocken und glanzlos wird. Dazu tritt noch eine Hyperkeratose in Form von diversen Verhärtungen auf. Nach Abstoßen dieser Hornmassen, kann es zu einem Auftreten sehr schmerzhafter Geschwüre kommen. Diese Stellen sind meist auch die Praedilektionsstellen zur Entwicklung des Röntgenkarzinoms, das nach 4—14 Jahren auftreten kann. Sein Auftreten ist einzeln und multipel. Wie bei allen Carzinomen, kommt es auch hier zu Metastasenbildung. Es ist durch besondere Malignität ausgezeichnet.

Um den Patienten und auch sich selbst nicht diesen Gefahren der Röntgenschädigungen auszusetzen, muß man sich die Frage stellen: „Welche Dosis kann ich dem Patienten zumuten und wie kann ich diese Dosis für meine Durchleuchtung voll ausnützen, ja sogar, wie kann ich sie noch herunter setzen?“ In erster Linie kommt hier die direkte Bestrahlung in Betracht, denn bei den zahnärztlichen Durchleuchtungen ist durch das engbegrenzte Feld der Durchleuchtung, wie wir schon vorhin gesehen haben, die Sekundärstrahlung, oder Streustrahlung genannt, so gering, daß sie fast außer Acht gelassen werden kann.

Bei der Definition der HED habe ich schon erwähnt, daß bei der Umrechnung in r harte Strahlen zugrunde lagen, d. h. daß 180—200 kV angewendet wurden. Mit diesen harten Therapiestrahlen arbeitet die Zahnheilkunde bei ihren Durchleuchtungen nicht, sondern wir haben es in der Diagnostik mit weichen Strahlen zu tun, die man durch eine Spannung von 60 kV erhält. Um die HED auszulösen, sind bei diesen Strahlen 420 r nötig, bei einem Felde von 48 cm^2. Bei der zahnärztlichen Diagnostik ist wieder auf die, bei der üblichen kleinen Feldgröße geringere Streuzusatzstrahlung Rücksicht zu nehmen. Nach Angaben von Hase, Braun und Küstner müssen wir noch 5% zustrahlen. Das ergibt also 449 r, die erst die HED auslösen. Natürlich muß der Arzt darauf sehen, daß er nicht dem Patienten 440 r zumutet und damit die HED bei ihm auslöst. Eine Dosis von 70% der HED auf die Speicheldrüsen appliziert, setzt diese bereits für längere Zeit außer Funktion. Als die obere zulässige Grenze der Strahlenapplikation ist bereits 50% der HED von Laß angesetzt worden, was anders ausgedrückt 220 r bedeutet. Jetzt muß man sich die Frage stellen, in welcher Zeit wird unter den üblichen Bedingungen diese Dosis erreicht. Genaue Angaben kann man hier nicht machen, da ja die Strahlenausbeute der verschiedenen Apparate, die ja immer unter etwas verschiedenen Bedingungen arbeiten, nicht dieselbe ist. Es kommt immer auf die betreffende Röhre und Apparatur an. Allzu groß sind natürlich diese Unterschiede nicht, sodaß man die an einem bestimmten Apparat gemachten Messungen verallgemeinern darf. Man erhält somit einen ungefähren Anhaltspunkt. Braun, Hase und Küstner fanden bei ihren Messungen, daß die Strahlenausbeute mit ihrem Apparat mit 60 kV Spannung 1 mA sekundärer Stromstärke und einen Filter von 0,5 mm Aluminium in einem Abstand von 1 m 0,28 r pro Minute betrug. Rechnet man dieses Ergebnis mit Hilfe des quadratischen Abstandsgesetzes und des Proportionalgesetzes von Röntgendosis und sekundärer Stromstärke bei konstanter Spannung um, so erhält man für 15 cm Fokusabstand und 10 mA, was den Bedingungen der zahnärztlichen Durchleuchtung etwa entspricht, eine Dosisleistung von 125 r pro Minute oder 2,08 r pro Sekunde. Man dürfe also 2,08 r ungefähr 106 sec. lang bestrahlen, ohne 50% der HED zu überschreiten. Zu einer Durchleuchtung in der Zahnheilkunde rechnet man meistens 5 sec., das genügt wie die Erfahrung zeigt; also könnte man 21 Durchleuchtungen bei einem und demselben Patienten vornehmen, ohne eine Beschädigung befürchten zu müssen. Laß hat eine Kontrolle dieses Wertes vorgenommen, er arbeitete mit dem

normalen Siemens-Durchleuchtungsgerät und kam zu dem Ergebnis, daß die zulässige Durchleuchtungszeit umgerechnet 95 sec. beträgt, d. h. also, es sind 19 Durchleuchtungen von 5 sec. Dauer zulässig. Dieser Wert stimmt mit den obengenannten ziemlich gut überein. Zieht man nun alle Unterschiede der verschiedenen Apparaturen in Betracht, so kommt man zu dem Ergebnis, daß man ruhig 3—4 Durchleuchtungen von 5 sec. Dauer bei demselben Patienten hintereinander vornehmen kann, ohne ihm durch die Bestrahlung Schaden zuzufügen. Dies genügt für die zahnärztliche Diagnostik meist vollkommen. Diese Dosis kann man aber nochmals heruntersetzen, wenn man statt des vorausgesetzten Aluminiumfilters von 0,5 cm Stärke ein solches von 1 mm benutzt. Bei der ungefilderten Strahlung ist nämlich ein großer Anteil von Strahlen enthalten, die zwar wohl die Haut belasten, aber nicht durchdringungsfähig genug sind, das Leuchtschirmbild zu verbessern. Wählt man nun ein dickeres Filter, so werden diese Strahlen zurückgehalten, ohne aber die wichtigeren starken Strahlen in demselben Verhältnis zu schwächen. Es empfiehlt sich also ein stärkeres Al.-Filter, nicht nur um die Haut zu schonen, sondern auch um die Bildgüte zu verbessern. Die geringe Einbuße an Helligkeit ist wegen der besseren Zeichnung des Bildes auf dem Leuchtschirm durchaus tragbar.

Eine weitere Art, die Dosis herabsetzen zu können, ist die Anwendung von kleinen Blenden. Die Siemens-Röntgenkugel wird mit 2 Blenden geliefert, 15 mm Oeffnung und 28 mm. Bei der Diagnostik muß unbedingt die kleinere Blende verwendet werden, denn bei der großen Blende ist die Gefahr vorhanden, daß die Hand des Durchleuchters noch in den Strahlenkegel gerät. Staudenraus gibt zur Durchleuchtung einen Tubus an, der mit einem Bleiblech von 0,5 mm bekleidet ist, sodaß nur die Spitze freibleibt. Der Strahlenkegel wird auf diese Weise so eingeengt, daß das Schirmbild am Ort der Durchleuchtung etwa 45 mm Durchmesser hat. Dieser Tubus hat noch den Vorteil, daß die Bilder noch schärfer werden, als bisher. Die Siemens-Reiniger-Werke versehen deshalb auch ihre Zentrier-Tubusse mit diesem Strahlenschutz. Witte führt die Röntgen-Diagnostik in der Medizin die Buckyblende an. Diese Blende besteht aus einem Raster, feinster kreuzweise angeordneter Bleistreifen, das auf dem Schirm in Form eines feinen Netzes zu sehen ist (Wabenblende). Das Netz ist so fein, daß es das Bild nicht beeinträchtigt.

Natürlich darf auch nicht außer Acht gelassen werden, zu beachten, welcher Fokus-Hautabstand eingehalten wird, da ja

die Intensität der Strahlen mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt. Durch einen ziemlich langen Zentriertubus ist man zwar schon gezwungen, einen gewissen Abstand, bei der Zahndurchleuchtung ca. 17,5 cm, einzuhalten. Größere Abstände zu nehmen empfiehlt sich nicht, da dann das Bild auf dem Leuchtschirm zu schwach werden könnte und man dadurch gezwungen wäre, längere Durchleuchtungszeiten zu wählen, um sich auf dem Schirm zurecht zu finden. Dabei besteht auch Gefahr für die Röhre, die leicht überlastet werden könnte.

Nimmt man die Durchleuchtungen in einem abgedunkelten Raume vor, so kann sich das Auge adaptieren und unterscheidet die Feinheiten des Kontrastes viel schneller, als in einem hellen Raume. Zwar ist die Mundhöhle dunkel genug, um das Leuchtschirmbild immerhin leidlich gut zu erkennen, doch zur Herabsetzung der Dosis empfiehlt es sich immer, in verdunkeltem Zimmer zu laborieren; denn dabei kommt man mit kürzeren Durchleuchtungszeiten aus. Bei starken Kontrasten, wie z. B. bei Kontrolle von Füllungen, mag ja eine Verdunklung des Untersuchungsraumes nebensächlich sein.

Ein weiteres Hilfsmittel, um die verfeinerten Kontraste leichter erkennen zu können, ohne dabei die Dosis heraufsetzen zu müssen, ist das Betrachten des Bildes mit einer Lupe. Witte sagt: „Jeder der einmal bei hereinbrechender Dunkelheit ein Fernglas zur Hand genommen hat, weiß um wieviel mehr man mit dieser optischen Hilfe erkennen kann." Er konnte zeigen, daß eine 4 × vergrößernde Lupe die gleiche Verbesserung der Sehschärfe ergab, wie eine zehnfache Steigerung der Intensität der Röntgenstrahlen. Das ist natürlich ein gewaltiger Vorteil, wenn man auf diese Weise das Auflösungsvermögen des ganzen Verfahrens steigern kann, ohne dabei die Haut stärker belasten zu müssen.

Wie man bestrebt ist, die Dosierungsmenge der Primärstrahlen herabzusetzen, so muß man es auch für die Streustrahlen tun. Wenn hierdurch Gefahren gesetzt werden, so sind sie sicher hierbei für den Arzt die größeren, als wie für den Patienten, von dem aus sie kommen. Die Beschaffenheit ist dieselbe, wie die der Primärstrahlen, denn schließlich ist die Streustrahlung nur eine abgelenkte bzw. reflektierte Primärstrahlung. Folglich weisen die Sekundärstrahlen auch die gleiche Härte auf, wie primären. Ihr Intensitätsteil ist umso größer, je größer die Anzahl der getroffenen Atome ist, d. h. je dichter der durchstrahlte Körper ist und je größer sein Volumen. Da aber das Volumen um so größer wird, je größer das Einfallsfeld der Strahlung ist,

so folgt daraus, daß mit möglichst kleinen Einfallsfeldern gearbeitet werden muß, um die Streustrahlung möglichst gering zu halten. Der Arzt muß nun ganz genau wissen, welcher Tagesdosis er sich bei seinen Röntgenuntersuchungen aussetzt. Verwendet er das gewöhnliche Röntgengerät mit der normalen Ausstattung, so befindet sich seine, den Röntgenspiegel haltende Hand dem Patienten am nächsten und ist somit am weitesten gefährdet. Ihr Abstand beträgt dabei ca. 5 cm vom Zentriertubus; nimmt er täglich 6 Untersuchungen vor, zu je 8 sec. gerechnet, so erhält er nach Rump eine Dosis von 0,63 r, die als Tagesdosis zulässig ist. Voraussetzung dabei ist, daß die Hand sich nicht in dem Strahlenkegel der Primärstrahlung befinden darf. Da die Hand der Streustrahlung besonders ausgesetzt ist, empfiehlt es sich, Bleigummihandschuhe zu verwenden, um so die Dosis herabzusetzen. Natürlich muß auch das Augenmerk darauf gerichtet sein, die Streustrahlung im Gesamten zu vermindern. Wir haben dazu verschiedene Möglichkeiten. Die Röntgenkugel muß von solchem Werkstoff umgeben sein, daß seitwärts keine Strahlung austreten kann, außer aus dem Tubus. Dieser selbst soll mit einer strahlenundurchlässigen Schicht, Bleiblech von 0,5 Stärke, wie es Staudenraus angibt, ausgekleidet sein, sodaß hier die Streustrahlung um die Hälfte herabgesetzt wird, und so der Arzt mehr Durchleuchtungen im Tage vornehmen kann. Um zu verhindern, daß die Hand des Arztes in den Strahlenkegel gerät, muß der Röntgenspiegel mit einem langen Griff versehen sein, daß der Abstand der Hand möglichst groß gehalten wird. Sie ist dadurch der Streustrahlung auch nicht mehr so ausgesetzt, da ja auch für diese das Intensitätsgesetz gilt.

Hat nun der Arzt die genaue Dosimetrie und auch die Wirkungen der Röntgenstrahlen erfaßt, dann kann er jederzeit Durchleuchtungen vornehmen, ohne seinen Patienten und sich zu schädigen.

Jetzt gilt es nur noch Einblick in die Methotik der zahnärztlichen Durchleuchtung zu gewinnen, damit er die Durchleuchtung sachgemäß vornehmen kann. Der Vorgang der Durchleuchtung unterscheidet sich nur unwesentlich von dem bei der Filmaufnahme. Hinsichtlich der Projektionstechnik gelten die gleichen Regeln. Zur Untersuchung der Frontzähne des Oberkiefers hält man den Spiegel 1,5—2 cm hinter die Zähne. Um die Zahnwurzel gut darzustellen, muß man den Spiegel hoch ins Gaumengewölbe hineinführen. Die unteren Frontzähne werden genau so dargestellt. Im Gebiete der Eckzähne und

1. Prämolaren, ist die Haltung des Spiegels im Ober- und Unterkiefer genau die Gleiche. Die Bilder erscheinen alle im auffallenden Licht, also auf der Vorderseite des Spiegels. Der Abstand vom Objekt zur Bildfläche ist hier relativ größer als beim Film. Dies macht sich aber in der Bildschärfe nicht wesentlich bemerkbar, da innerhalb der genannten Regionen die von den Strahlen zu durchdringenden Gewebsstreifen nur gering sind. Anders wird es vom 2. Praemaloren nach rückwärts. Hier ist es von Vorteil, den Spiegel der Gaumenschleimhaut unmittelbar auszulegen, auf diese Weise können dann die einzelnen Wurzeln der Molaren deutlich dargestellt werden; dabei ist auch die Kieferhöhle gut zu erkennen. Für die Molaren des Unterkiefers gilt das Gleiche. Nur ist hier die Zunge störend im Wege, darum empfiehlt es sich, die Zunge durch einen Spatel wegzudrücken. Den Spatel läßt man vom Patienten selbst halten. Bei den hochspannungssicheren Geräten kann man den Tubus direkt auf dem zu untersuchenden Objekt aufliegen lassen. Wie schon früher erwähnt, soll die Durchleuchtung in einem abgedunkelten Raume vorgenommen werden; dabei genügt schon ein schwarzer Vorhang. Will man grobe Veränderungen diagnostizieren, so kann man die Durchleuchtung ruhig beim Tageslicht vornehmen. Zum Schutze der Patienten muß darauf gesehen werden, daß die Belichtungszeiten möglichst kurz gehalten werden. Für den Schutz des Arztes dagegen ist besonders wichtig, eine Herabsetzung der Streustrahlung und Vermeidung von jeglicher Hantierung im direkten Strahlenkegel. Seine Position sei dabei immer möglichst hinter der Röhre. Die Hand muß durch Bleigummihandschuhe geschützt werden, oder mit einem am Griff des Röntgenspiegels angebrachten Strahlenschutz.

Zusammenfassung.

Durch die Entwicklung und den Stand der heutigen Röntgenapparatur und den überaus praktischen und brauchbaren Röntgenspiegel von Staudenraus, sind jene Schwierigkeiten beseitigt, die die zahnärztliche Durchleuchtung fast unmöglich machten. Die Durchleuchtung mit den modernen Hilfsmitteln ist weder für den Arzt, noch den Patienten gefährlich, wenn der Arzt die Dosimetrie beherrscht und sie beachtet, ferner, wenn er alle Schutzvorrichtungen, die ihm zur Verfügung stehen, benutzt. Die Arbeit soll eine Anregung zur zahnärztlichen Durchleuchtung sein, aber auch die Notwendigkeit für den Durchleuchter vor Augen führen, sich vorher über die eben erwähnten Punkte genauestens zu orientieren, um sich und den Patienten vor Schaden zu bewahren.

Am Schlusse meiner Ausführungen möchte ich Herrn

Professor Dr. A. Hasselwander

für die Anregungen und die freundliche Ueberlassung des Themas meinen verbindlichsten Dank aussprechen.

Besonders auch möchte ich Herrn

Dr. med. dent. J. Staudenraus

danken, für seine freundliche Hilfe, die er mir während der ganzen Arbeit zuteil werden ließ u. für seine liebenswürdige Ueberlassung seiner gesamten Apparaturen.

Literatur.

H. Chantraine u. P. Profitlich: Ueber die bei Durchleuchtungen und Aufnahmen verabfolgten Strahlenmengen. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen 1927 Bd. 36.

A. Cieszinsky: Zahnärztliche Röntgenologie und klinische Zahnheilkunde.

W. Flaskamp: Ueber Lokal- und Allgemeinschädigungen des menschlichen Körpers durch die Röntgenstrahlen. Berichte über die gesamte Gynäkologie und Geburtshilfe sowie deren Grenzgebiet.

Hauenstein: Röntgenbehandlung bei entzündlichen Erkrankungen des Kiefers und der Zähne. Handbuch der Röntgendiagnostik und Therapie.

J. Laß: Zur zahnärztlichen Röntgendurchleuchtung. Zahnärztliche Rundschau 1936 Nr. 28.

H. Lungwitz: Röntgenuntersuchung mit besonderer Beachtung der Durchleuchtung der Zähne und des Kiefers. Dissertation Kiel 1934.

C. Parma: Zahnärztliche Röntgendiagnostik.

W. Rump: Ueber die Gefahren der zahnärztlichen Röntgendurchleuchtung. Zahnärztl. Rundschau 1936 Nr. 11.

J. Staudenraus: Neue Wege in der zahnärztlichen Röntgenologie. Deutsche zahnärztliche Wochenschrift 1935 Nr. 15.

E. Witte: Welche Mittel gibt es, um bei diagnostischer Verwendung der Röntgenstrahlen die Dosis zu vermindern. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen 1933, Band 47.

E. M. Wolf und N. Riehl: Ueber die Bedeutung des Nachleuchtens von Durchleuchtungsschirmen für die Güte des Röntgenbildes. Zeitschrift für technische Physik, 1935, Heft 5.

Lebenslauf.

Am 18. April 1908 wurde ich, Fritz Schuster, zu Augsburg geboren. Dort besuchte ich 4 Klassen der Volksschule, um dann in das humanistische Gymnasium St. Stephan einzutreten. 1924 trat ich in die Realschule in Nürnberg über, 1927 kam ich in die Luitpoldoberrealschule München, welche ich 1930 an Ostern absolvierte. Zuerst studierte ich von Sommersemester 1930 bis Wintersemester 1932/33 Medizin in München; dann wechselte ich mein Studium und studierte in Erlangen Zahnmedizin. Meine Vorprüfung legte ich dort Ende Wintersemester 1933/34 ab. Während des Wintemesters 1934/35 war ich in München immatrikuliert. Die beiden anderen klinischen Semester studierte ich wieder in Erlangen. Weihnachten 1935 erlangte ich daselbst meine Approbation als Zahnarzt.